

Інна Саяпіна^{1*}, Олександр Горобченко², Володимир Демченко³, Штомпель Юлія⁴

¹ Доцент кафедри “Системи штучного інтелекту та телекомунікаційні технології”, Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1541-1681>

² Професор кафедри електромеханіки і рухомого складу залізниць Державного університету інфраструктури та технологій, м. Київ, Україна, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9868-3852>

³ Доцент кафедри “Електромеханіка та рухомий склад залізниць”, Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна. <https://orcid.org/0000-0002-2478-364X>

⁴ Викладач, Київський електромеханічний фаховий коледж, пр. Повітрофлотський, 35, м. Київ, 03037, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3150-575X>

* Автор, відповідальний за листування: inna.saiapina@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ТОНАЛЬНОГО РЕЙКОВОГО КОЛА

Для вдосконалення відомого методу підвищення завадостійкості тонального рейкового кола, заснованого на вирізанні завад в інтервалах між імпульсами корисного сигналу, проведений аналіз коливань часу проходження сигналу в тракці передачі тонального рейкового кола залежно від параметрів його роботи: частоти сигнального струму, довжини рейкової лінії, опору ізоляції та температури навколишнього середовища. Для цього розроблено імітаційну модель роботи тонального рейкового кола. За результатами моделювання створена реляційна база даних зі значеннями характеристик вимірювань. З використанням методів інтелектуального аналізу визначено, що основним фактором, який впливає на час проходження сигналу у тракці передачі тонального рейкового кола, є частота сигнального струму. Визначені основні залежності параметрів роботи тонального рейкового кола та часу проходження сигналу. Отримані результати дозволяють підвищити завадостійкість роботи тональних рейкових кіл за рахунок точнішого налаштування інтервалу вирізання завад між імпульсами корисного сигналу.

Ключові слова: тональне рейкове коло, імітаційна модель, база даних, інтелектуальний аналіз, завадостійкість.

Вступ. Основним колійним датчиком на залізницях України є рейкові кола і від їх безперебійної роботи залежить безвідмовність та безпечність процесу перевезень. На ділянках швидкісного руху широке розповсюдження набули тональні рейкові кола (ТРК). Рейкові кола працюють у складних умовах дії великої кількості завад. Впровадження локомотивів на основі асинхронних електроприводів, застосування централізованого електричного опалення пасажирських поїздів, використання тиристорного імпульсного регулювання тягових двигунів створює небезпечні завади в тому числі в робочому діапазоні частот ТРК [1, 2]. Тому актуальним є удосконалення методів підвищення завадостійкості роботи ТРК.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. У публікаціях [3, 4] наводиться приклад французьких багаторічних досліджень, в результаті яких розроблене безстикове

рейкове коло UM71 з низькою частотою модуляції, що демонструє гарні характеристики з заводстійкості. Китайські дослідники зазначають [5], що на основі французької моделі рейкового розроблено безстикове рейкове коло ZPW-2000A, що зберігає технічні переваги UM71, має підвищену надійність та актуалізоване відповідно до вимог китайської залізниці.

Автори статті [6] для підвищення надійності роботи ТРК пропонують використання рекурентних нейронних мереж з довготривалою пам'яттю (LSTM) на основі використання доступних даних, що вимірюються. При цьому вони моделюють напругу сигналу завдяки побудові математичної моделі ТРК. За результатами їх вимірювання дані мережі краще виконують задачі з ідентифікації несправностей, ніж згорткові мережі. Італійські дослідники в матеріалі [7] також наводять приклад моделювання та верифікації ТРК на високошвидкісній магістралі Турин – Новара, і відзначають значну допомогу моделювання роботи ТРК у різних умовах експлуатації, прогнозування впливу завод, що може замінити серію попередніх вимірювань та прискорити процес налаштування обладнання тонального рейкового кола на місці.

Велика кількість досліджень, що стосуються ТРК, присвячена саме проблемі заводстійкості їх роботи. У статті [8] зазначається, що електромагнітні завади та несприятливі погодні умови можуть суттєво змінювати параметри сигнального струму. Для усунення небезпечних впливів пропонується застосування автоматичної системи діагностики параметрів роботи ТРК на основі нейро-нечіткої логіки. У роботі [9] автори аналізують вплив температури навколишнього середовища на надійність роботи ТРК за допомогою моделі лінійної регресії. Але у даній роботі не запропоновано засобів покращення надійності роботи ТРК у складних умовах.

У статтях [10, 11] досліджуються методи захисту від завод тягового струму. В роботі [12] запропоновано автоматизоване виявлення завод за рахунок застосування вейвлет-перетворення та використання нейромережевого класифікатора.

Але запропоновані методи підвищення заводстійкості не дозволяють повною мірою виключити факт впливу завод на приймальну апаратуру ТРК, тому дослідження цього питання залишається актуальним.

У публікаціях [13-15] описано метод підвищення заводстійкості тональних рейкових кіл, що дозволяє зменшити вплив завод на вході колійного приймача в інтервалах між імпульсами сигналу контролю стану ТРК. Для реалізації даного методу до апаратури ТРК додатково вводиться регульована лінія затримки, генератор одиночного імпульсу і керований електронний ключ.

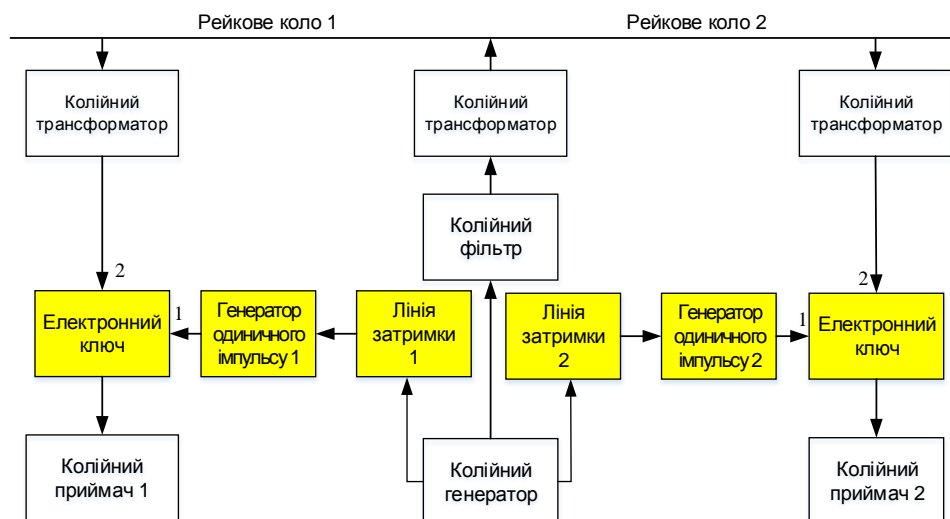


Рис. 1. Структурна схема реалізації методу підвищення заводстійкості ТРК

Реалізується даний метод завдяки розмиканню керованого електронного ключа на вході колійного приймача під час відсутності імпульсів корисного сигналу, завдяки чому зменшується кількість завад, що надходять на вхід колійного приймача ТРК. Лінія затримки в даному випадку затримує керуючий сигнал, що подається на вхід генератора одиничного імпульсу, на час проходження корисного сигналу з виходу колійного генератора через рейкове коло на вхід колійного приймача.

Мета і завдання дослідження. Метою даного дослідження є підвищення ефективності запропонованого методу [13-15] за рахунок аналізу затримки проходження сигналу залежно від його несучої частоти, довжини рейкової лінії, значення опору ізоляції та температури навколишнього середовища з метою підвищення точності налаштування лінії затримки відповідно до конкретних умов. Для досягнення поставленої мети вирішуються такі завдання:

розробити імітаційну модель роботи тонального рейкового кола з урахуванням впливу коливань опору ізоляції та температури навколишнього середовища для різної довжини рейкової лінії та несучої частоти корисного сигналу;

розробити базу даних, що складається з регульованих таблиць для різних значень частоти сигналу ТРК, довжини рейкової лінії, опору ізоляції та температури навколишнього середовища.

Матеріали та методи дослідження. З метою підвищення ефективності запропонованого методу підвищення завадостійкості ТРК розроблена імітаційна модель роботи ТРК третього покоління з використанням програмного математичного комплексу Matlab та Simulink (рис. 2).

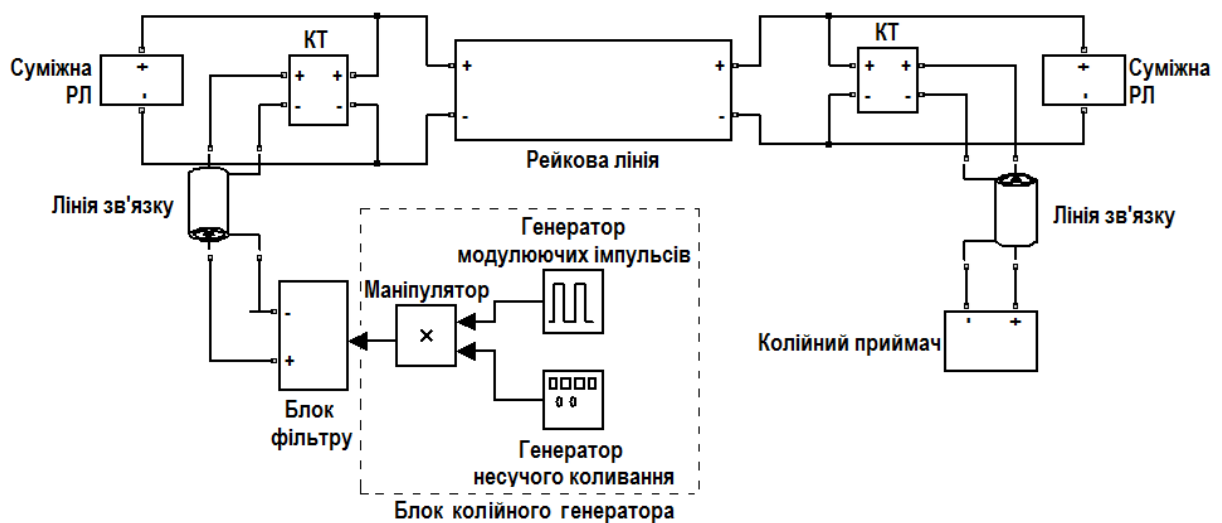


Рис. 2. Структура імітаційної моделі тонального рейкового кола третього покоління

Структура моделі складається з блоків, що моделюють роботу колійного генератора, колійного фільтра, ліній зв'язку при централізованому розміщенні апаратури, колійних трансформаторів (КТ), рейкових ліній (РЛ) суміжних рейкових кіл, рейкової лінії та колійного приймача. Блок колійного генератора представлений генератором несучої частоти, генератором імпульсів і маніпулятором. Генератор несучої частоти виробляє синусоїдальний сигнал заданої частоти і амплітуди, який надходить на перший вхід маніпулятора. На другий вхід маніпулятора подається імпульсний сигнал з частотою модуляції. Маніпулятор виконує операцію множення синусоїдального сигналу несучої частоти з імпульсним сигналом, який виробляється з частотою модуляції. Блок колійного фільтра виконаний на основі елементів ємнісного, активного і реактивного опорів. Основою блоків кабельних і рейкових ліній є

модель лінії з розподіленими параметрами. Також враховано вплив рейкових ліній суміжних ділянок на функціонування ТРК за рахунок впливу опорів суміжних ділянок РЛ на переданий сигнал за допомогою постійної поширення сигналу γ .

Вплив коливань температури навколишнього середовища на передачу сигналу в ТРК було враховано через зміну кілометричного опору рейкової нитки залежно від температури рейки, відповідно до виразу [16]:

$$R_a^{\bar{}} = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)] , \quad (1)$$

де R_{20} – кілометричний опір при температурі $+20^{\circ}\text{C}$,

α – температурний коефіцієнт опору (для рейкової сталі становить $0,0461$ 1/град.),

t – температура рейки, град.

Для перевірки адекватності розробленої моделі за результатами моделювання була отримана вибірка емпіричних значень напруги на вході колійного приймача залежно від довжини рейкової лінії, частоти сигнального струму та опору баласту. За допомогою програмного комплексу Excel ці дані були порівняні з вибіркою відповідних реальних значень напруги на вході колійного приймача та проведений дисперсійний порівняльний аналіз даних вибірок з обраним рівнем значущості $0,05$. Результати подано в табл. 1.

Таблиця 1. Результати дисперсійного аналізу вибірок значень напруги на вході колійного приймача, отриманих на реальному зразку та за допомогою моделювання

Джерело варіації	Сума квадратів відхилень	Ступінь свободи	Середній квадрат	Критерій Фішера	P-Значення (рівень значущості)	Критичне значення критерію Фішера
Між групами	0,00128	1	0,00128	0,134000233	0,718586948	4,413873419
Всередні груп	0,17194	18	0,009552			
Разом	0,17322	19				

Отримане значення критерію Фішера є меншим за критичне, а також отримане P-значення з довірчою ймовірністю 95% підтверджує гіпотезу про неістотність відмінностей двох вибірок.

За допомогою розробленої моделі була проведена серія досліджень, за результатами яких сформована реляційна база даних з таблицями відповідності значень параметрів роботи ТРК на основі 521 вимірювання. Для моделювання використовувались значення частот сигнального струму ТРК третього покоління 420 Гц, 480 Гц, 580 Гц, 720 Гц та 780 Гц, значення довжин рейкової лінії 200 м, 500 м, 800 м та 1000 м, значення опору ізоляції 1 Ом·км, 2 Ом·км, 10 Ом·км, 25 Ом·км та 50 Ом·км, значення температури навколишнього середовища -30°C , -20°C , 0°C , 20°C , 40°C .

Час, який витрачається на проходження сигналом тракту ТРК, був отриманий на основі різниці значення фази сигнального струму між початковою фазою та фазою на вході колійного приймача.

За допомогою пакету інтелектуального аналізу Data Mining для Excel був проведений аналіз ключових факторів впливу на величину часу затримки проходження сигналів серед частоти сигнального струму, довжини рейкової лінії та опору ізоляції. Результати показали, що найбільший вплив на час затримки має частота сигнального струму (рис. 3).

Фактор	Значення	Підходить	Відносний вплив
f_n , Гц	780	< 0,35	
f_n , Гц	720	< 0,35	
l_{PK} , м	200	< 0,35	
$R_{із}$, Ом·км	≥ 25	< 0,35	
f_n , Гц	580	0,35 - 0,47	
$R_{із}$, Ом·км	2 - 10	0,35 - 0,47	
f_n , Гц	480	0,35 - 0,47	
f_n , Гц	420	0,56 - 0,67	
f_n , Гц	420	$\geq 0,67$	
$R_{із}$, Ом·км	1 - 2	$\geq 0,67$	
l_{PK} , км	1	$\geq 0,67$	
$R_{із}$, Ом·км	< 1	$\geq 0,67$	
l_{PK} , м	800	$\geq 0,67$	

Рис. 3. Результати інтелектуального аналізу ключових факторів впливу на параметр часу затримки, мс

За допомогою вибірок отриманих за результатами моделювання даних побудовані графіки впливу параметрів роботи на час затримки проходження сигналу у тракті ТРК (рис. 4-6).

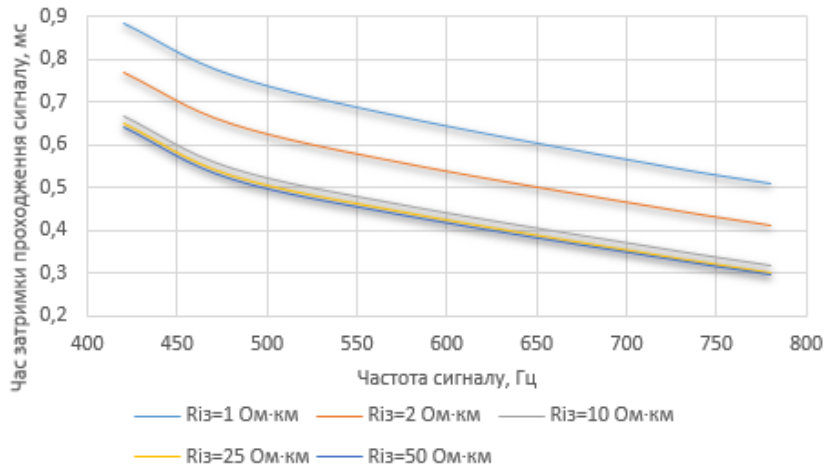


Рис. 4. Залежність часу затримки сигналу від його несучої частоти ($l_{PK}=1$ км)

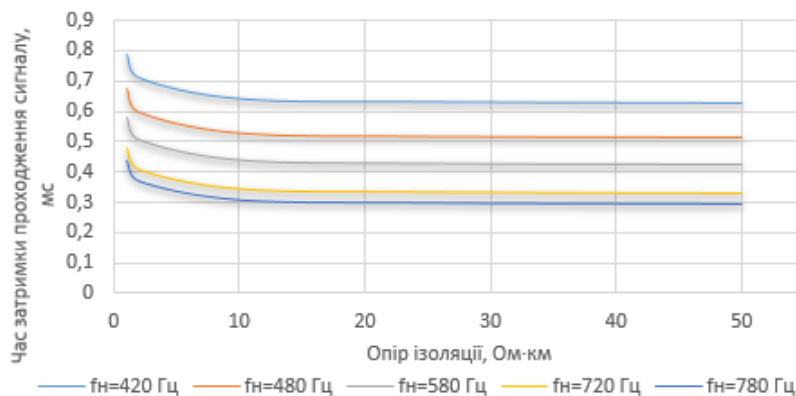


Рис. 5. Залежність часу затримки сигналу від опору баласту (для $l_{PK}=0,8$ км)

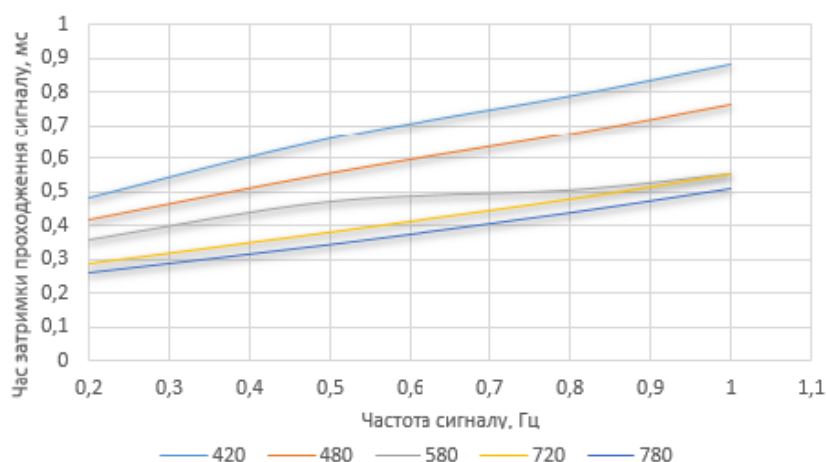


Рис. 6. Залежність часу затримки сигналу від довжини РЛ ($R_{\text{б}}=1 \text{ Ом}\cdot\text{км}$)

Висновки. Розроблено імітаційну модель роботи ТРК третього покоління. Дана модель враховує вплив довжини рейкового кола, опору ізоляції та температури навколишнього середовища на характеристики сигналу. В результаті моделювання створено реляційну базу даних зі значеннями характеристик 521 вимірювання. На основі інтелектуального аналізу визначено, що основним фактором, що впливає на величину часу проходження сигналу у тракці передачі ТРК є параметр частоти сигнального струму. Також визначено, що значення температури навколишнього середовища не має суттєвого впливу на час затримки. За результатами аналізу отриманих даних визначено, що мінімальний час проходження сигналу 0,246 мс відповідає сигналу з частотою 780 Гц при довжині рейкової лінії 0,2 км і опорі ізоляції 50 Ом. Максимальний час 0,927 мс відповідає сигналу з частотою 420 Гц при довжині рейкової лінії 1 км і опорі ізоляції 0,85 Ом·км. Середнє значення часу проходження сигналу становить 0,4565 мс, середньоквадратичне відхилення – 0,1453 мс і дисперсія – 0,0211 мс². Зміна фази сигналу при проходженні рейкової лінії прямо пропорційна довжині рейкової лінії, частоті сигнального струму і обернено пропорційна опорі ізоляції. Отримані результати дозволяють підвищити завадостійкість роботи тональних рейкових кіл за рахунок точнішого налаштування лінії затримки відповідно до умов роботи кола. А отримана імітаційна модель дозволяє розробляти уточнені регульовальні таблиці при коливанні основних параметрів роботи тональних рейкових кіл.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гаврилюк В.И., Щека В.И., Мелешко В.В. Испытания новых типов подвижного состава на электромагнитную совместимость с устройствами сигнализации и связи // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2015. №5 (59). С.7-15.
2. V. Havryliuk, Model of Propagation of Traction Current Harmonics from Trains to a Track Circuit Receiver // 2021 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (AP EMC), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/AP EMC49932.2021.9597152.
3. K. B. Park, J. Y. Park, M. S. Jang, M. S. Lim, and S. H. Kim. A study on the internal modeling of track circuit (UM71-C) on HSL // Proceedings of. KIEE Conf. Korean Inst. Electr. Eng., 2006, pp. 1130–1131.
4. A. Debiolles, L. Oukhellou, P. Aknin, and T. Denoeux. Track circuit automatic diagnosis based on a local electrical modelling // Proceedings of WCRR, Jun. 2006, pp. 4–8.
5. Z. Zheng, S. Dai and X. Xie, Research on Fault Detection for ZPW-2000A Jointless Track Circuit Based on Deep Belief Network Optimized by Improved Particle Swarm Optimization Algorithm // IEEE Access, vol. 8, pp. 175981-175997, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3025628
6. T. de Bruin, K. Verbert and R. Babuška. Railway Track Circuit Fault Diagnosis Using Recurrent Neural Networks // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, vol. 28, no. 3, pp. 523-533, March 2017, doi: 10.1109/TNNLS.2016.2551940

7. A. Mariscotti, M. Ruscelli and M. Vanti. Modeling of Audiofrequency Track Circuits for Validation, Tuning, and Conducted Interference Prediction // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 11, no. 1, pp. 52-60, March 2010, doi: 10.1109/TITS.2009.2029393.
8. V. Havryliuk. ANFIS Based Detecting of Signal Disturbances in Audio Frequency Track Circuits // 2020 IEEE 2nd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/SAIC51296.2020.9239127.
9. Zhanwu Huang, Shaobin Li, and Xueye Wei. Analysis of temperature impact on audio frequency track circuits using linear regression model / AIP Conference Proceedings 1834, 020019 (2017). doi: <https://doi.org/10.1063/1.4981558>
10. В.І. Шека. Організація захисту рейкових кіл від електромагнітних завад з боку контактної мережі // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. №1. Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2011. С.84-90.
11. Ю.П. Гончаров, Н.В. Панасенко, В.И. Гаврилюк, В.Г. Сыченко. Принципы реализации активной фильтрации при построении современных систем электроснабжения электрической тяги // Электромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. №1. Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2011. С.67-76.
12. V. Havryliuk. Audio Frequency Track Circuits Monitoring Based on Wavelet Transform and Artificial Neural Network Classifier // 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2019, pp. 491-496, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879833.
13. Саяпіна І.О.. Удосконалення методів і засобів підвищення заводостійкості тональних рейкових кіл: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / УкрДУЗТ. Харків, 2017. 160 с.
14. І.О. Saiapina. Analysis of an electromagnetic interference impact on the tonal track circuit's receiving equipment. Information-operating system on railway transport, 3, 24-31 (2013) (in Russian)
15. Saiapina I., Babaiev M. & Ananieva O. Reducing noise influence on an audio frequency track circuit // MATEC Web of Conferences - Les Ulis: EDP Science, 2019. V.294. P.1-6 DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929403015>
16. Кулик П.Д., Ивакин В.С., Удовиков А.А. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности. Київ: Видавничий дім «Мануфактура», 2004. 288 с.

REFERENCES

1. V.I. Havryliuk, V.I. Shcheka, V.V. Meleshko (2015). Ispytaniya novykh tipov podvizhnogo sostava na elektromagnitnyy sovmestimost' s ustroystvami signalizatsii i svyazi [Tests of new types of rolling stock for electromagnetic compatibility with signaling and communication devices]. Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta [Science and progress of transport. Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport], 5(59). 7-15.
2. V. Havryliuk, (2021). Model of Propagation of Traction Current Harmonics from Trains to a Track Circuit Receiver. 2021 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC). 1-4. doi: 10.1109/APEMC49932.2021.9597152.
3. K. B. Park, J. Y. Park, M. S. Jang, M. S. Lim, and S. H. Kim, (2006). A study on the internal modeling of track circuit (UM71-C) on HSL. Proceedings of. KIEE Conf. Korean Inst. Electr. Eng., 1130-1131.
4. A. Debiolles, L. Oukhellou, P. Akin, and T. Denoeux, (2006). Track circuit automatic diagnosis based on a local electrical modelling. Proceedings of WCRR, 4-8.
5. Z. Zheng, S. Dai and X. Xie, (2020). Research on Fault Detection for ZPW-2000A Jointless Track Circuit Based on Deep Belief Network Optimized by Improved Particle Swarm Optimization Algorithm. IEEE Access, 8, 175981-175997. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3025628
6. T. de Bruin, K. Verbert and R. Babuška (2017). Railway Track Circuit Fault Diagnosis Using Recurrent Neural Networks. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 28(3), 523-533. doi: 10.1109/TNNLS.2016.2551940
7. A. Mariscotti, M. Ruscelli and M. Vanti (2010). Modeling of Audiofrequency Track Circuits for Validation, Tuning, and Conducted Interference Prediction. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 11(1), 52-60. doi: 10.1109/TITS.2009.2029393.
8. V. Havryliuk (2020). ANFIS Based Detecting of Signal Disturbances in Audio Frequency Track Circuits. 2020 IEEE 2nd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), 1-6. doi: 10.1109/SAIC51296.2020.9239127.
9. Zhanwu Huang, Shaobin Li, and Xueye Wei (2017). Analysis of temperature impact on audio frequency track circuits using linear regression model. AIP Conference Proceedings 1834, 020019 doi: <https://doi.org/10.1063/1.4981558>
10. V.I. Shcheka. Orhanizatsiya zakhystu reykovykh kil vid elektromagnitnykh zavrad z boku kontaktoyi merezhi [Organization of protection of rail circuits from electromagnetic interference from the catenary]. Elektromagnitna sumisnist' ta bezpeka na zaliznychnomu transporti [Electromagnetic compatibility and safety in railway transport], 1, 84-90. [in Ukrainian]
11. Y.P. Goncharov, N.V. Panasenko, V.I. Gavrilyuk, V.G. Sychenko (2011). Printsipy realizatsii aktivnoy fil'tratsii pri postroyenii sovremennykh sistem elektrosnabzheniya elektricheskoy tyagi [Principles for the implementation of active

filtration in the construction of modern electric traction power supply systems]. Elektromagnitna sumisnist' ta bezpeka na zaliznichnomu transport [Electromagnetic compatibility and safety in railway transport], 1, 67-76.

12. V. Havryliuk (2019). Audio Frequency Track Circuits Monitoring Based on Wavelet Transform and Artificial Neural Network Classifier. 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 491-496, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879833

13. I.O. Saiapina (2017). Improvement of methods and means to increase audio frequency track circuits noise immunity. *Thesis of PhD* Kharkiv, 160. (in Ukrainian)

14. I. O. Saiapina (2013). Issledovaniye vliyaniya elektromagnitnykh pomekh na priyemnyuyu apparaturu tonal'nykh rel'sovykh tsepey [Analysis of an electromagnetic interference impact on the tonal track circuit's receiving equipment]. *Informatsiyno – keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti* [Information-operating systems on railway transport], 3, 24-31 (in Russian)

15. I. Saiapina, M. Babaiev, O. Ananieva (2019). Reducing noise influence on an audio frequency track circuit // MATEC Web Conf. 294 03015. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929403015>

16. P.D. Kulik, V.S. Ivakin, A.A. Udovikov (2004). Tonal'nyye rel'sovyye tsepi v sistemakh ZHAT: postroyeniye, regulirovka, obsluzhivaniye, poisk i ustraneniye neispravnostey, povysheniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti [Tone track circuits in RAT systems: construction, adjustment, maintenance, troubleshooting, improving operational reliability]. Kyiv: Vidavnychy house "Manufactory".

Inna Saiapina¹, Oleksandr Gorobchenko², Volodymyr Demchenko³, Yulia Stompel

¹ Associate Professor, Department of Artificial Intelligence and Telecommunication Technologies, State University of Infrastructure and Technologies, 9, Kyrylivska str., Kyiv, 04071, Ukraine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1541-1681>

² Professor, Department of Electromechanics and Rolling Stock of Railways, State University of Infrastructure and Technologies, 9, Kyrylivska str., Kyiv, 04071, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9868-3852>

³ Associate Professor, Department of Electromechanics and Rolling Stock, The State University of Infrastructure and Technology, 9, Kyrylivska str., Kyiv, 04071, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0002-2478-364X>

⁴ Teacher, Kyiv Electromechanical Professional College, 35, Povitroflotsky Avenue, Kyiv, 03037, Ukraine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3150-575X>

SIMULATION AND INTELLECTUAL ANALYSIS OF AUDIO FREQUENCY TRACK CIRCUIT PARAMETERS

To improve the method of increasing the noise immunity of a audio frequency track circuit, based on cutting out interference in the intervals between useful signal pulses, an analysis was made of fluctuations in the signal transit time in the transmission path of a audio frequency track circuit depending on its operation parameters: signal current frequency, rail line length, insulation resistance and ambient temperature. For this, a simulation model of the operation of a audio frequency track circle has been developed. Based on the simulation results, a relational database was created with the values of measurement characteristics. With the use of intellectual analysis methods it was determined that the main factor affecting the signal transit time in the transmission path of the audio frequency track circuit is the frequency of the signal current. The main dependences of the operation parameters of the audio frequency track circuit and the signal transit time are determined. The obtained results help to increase the noise immunity of the operation of audio frequency track circuits due to a more precise adjustment of the interference cut-off interval between the useful signal pulses.

Keywords: audio frequency track circuit, simulation model, database, intellectual analysis, noise immunity